

0722637-1

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТАТАРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ НЕФТИ
ТАТНИПИНЕФТЬ**

На правах рукописи

Зинатуллина Ирина Павловна

УДК 552.5:551.76:553.981

**ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЖИВЕТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА
В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ИХ НЕФТЕНОСНОСТИ**

Специальность 25.00.06 – Литология

**Автореферат
Диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук**



Казань – 2001

0722637-1

Работа выполнена на кафедре полезных ископаемых геологического
факультета Казанского государственного университета
и в лаборатории петрофизических исследований института ТатНИПИнефть

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук,
доцент В.Г. Изотов

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Р.Х. Муслимов

кандидат геолого-минералогических наук
А. Н. Шакиров

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



0000975612

Ведущая организация:

Всероссийский нефтяной научно-исследовательский
геолого-разведочный институт (ВНИГРИ), г.Санкт-
Петербург

Защита состоится «21» июня 2001 г. в 14⁰⁰ часов на заседа-
нии Диссертационного совета Д 212.081.09 по присуждению уче-
ной степени кандидата геолого-минералогических наук при Казан-
ском государственном университете по адресу:
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 4/5.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Казанского го-
сударственного университета.

Автореферат разослан «___» мая 2001 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.081.09,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to R.R. Khasanov.

Р.Р. Хасанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. В связи с истощением основных продуктивных горизонтов крупнейшего в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции Ромашкинского месторождения источником восполнения промышленных запасов все больше и больше становятся залежи в локально нефтеносных горизонтах девонских и нижнекаменноугольных отложений региона. К последним относятся, в частности, живетские отложения, которые являются одним из важнейших источников пополнения углеводородной ресурсной базы Западной части Волго-Уральской НГП.

В Татарстане систематическое поисково-разведочное бурение на живетские отложения началось в 50-х годах. Открытие в верхнедевонских отложениях крупнейших месторождений провинции – Ромашкинского и Ново-Елховского ослабило на какое-то время внимание геологов к отложениям среднего девона.

В настоящее время живетские отложения в активную разработку вовлечены на Ромашкинском месторождении и, особенно широко, на крайнем юго-востоке Татарстана (Матросовское месторождение).

Отложения живетского яруса представляют переходный комплекс между рифей-вендскими и пашийско-кыновскими образованиями. Этот комплекс отложений является самостоятельным геологическим объектом вследствие своих специфических литологических особенностей. Живетский терригенный комплекс характеризуется сложным строением порового пространства, обусловленным седиментационными и катагенетическими условиями, что переводит запасы УВ, локализованные в этих отложениях, в разряд трудноизвлекаемых.

Повышение эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов требует углубленного изучения структурно-текстурных особенностей и минерального состава коллекторов нефти во взаимосвязи с их геолого-промысловыми показателями.



Проведение геологоразведочных работ на такие объекты требует более глубокого анализа имеющегося геолого-геофизического материала в увязке с целенаправленным лабораторным изучением резервуаров (состава, структуры, фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), литологических особенностей пород-коллекторов). Без такого подхода невозможны правильная интерпретация результатов промыслово-геофизических исследований и обоснование подсчетных параметров.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Характеристика условий формирования коллекторов УВ в живецких отложениях на юго-востоке Татарстана на основе изучения и обобщения литолого-минералогических, фациальных и петрофизических особенностей и разработка рекомендаций по поиску и оценке резервуаров УВ.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1. Изучение геологии и детализация литологических особенностей живецких отложений на западной части Волго-Уральского НГБ юго-востока Татарстана.
2. Установление условий формирования живецких отложений региона на основе изучения и обобщения литолого-минералогических, фациальных и петрофизических особенностей терригенных коллекторов среднего девона.
3. Характеристика коллекторов и их локализация в живецких отложениях с учетом влияния структурно-тектонического и литолого-фациального факторов, а также постседиментационной эволюции пород.
4. Характеристика фильтрационно-емкостных свойств коллекторов живецкого яруса и обоснование их перспективности.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА.

1. По результатам изучения кернового и геофизического материала проведена стратификация разрезов воробьевско-ардатовских отложений живецкого яруса перспективных площадей юго-востока Татарстана.
2. На основе целенаправленного изучения и сравнительной характеристики с пашийско-кыновскими отложениями установлено, что живецкий ком-

плекс пород является самостоятельным перспективным объектом для поисков углеводородов.

3. Установлено, что уплотнение и интенсивное окварцевание пород, состав тонкодисперсной составляющей цемента коллекторов живетского яруса связаны с проявлением глубинного катагенеза.

4. Всесторонний анализ признаков тектонических нарушений, выявленных по керну, подтверждает, что древние грабенообразные прогибы, заложенные в девонское время и вмещающие живетский терригенный комплекс, имеют дизъюнктивную природу.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ.

1. Литолого-минералогическое изучение пород базировалось на комплексе методов: макро- и микроисследований пород по керну, изучении гранулометрического состава терригенных пород, рентгено-дифрактометрическом анализе глинистой и тонкодисперсной составляющей, электронно-микроскопических исследованиях, результатах определения фильтрационно-емкостных свойств.

2. Лито-геодинамический анализ особенностей развития востока Татарстана в живетское время на основе изучения соотношений толщин, корреляции разрезов скважин и литолого-фациальных взаимоотношений типов пород.

3. Петрофизическое изучение пород живетского яруса, основанное на анализе коллекторских свойств пород, для определения кондиционных значений и влияния на геофизические параметры.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1. Формирование и дальнейшая эволюция живетских отложений осуществлялась в активных геодинамических условиях, унаследованных от додевонского режима развития Татарского свода и окружающих его авлакогенных впадин рифей-вендского заложения.

2. Живетские отложения юго-востока Татарстана характеризуются широким разнообразием лито-фациальных условий осадконакопления и седиментационной ритмичностью различного порядка.

3. Фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов живетских отложений характеризуются высокой степенью неоднородности и определяются суперпозицией седиментационных и катагенетических процессов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ

1. На основе литолого-минералогических критериев уточнена схема расчленения и корреляции живетского яруса, в результате чего появилась возможность более детального изучения структурного плана, что совершенно необходимо для успешного поиска залежей нефти на конкретных площадях.

2. Неоднородность катагенетических процессов приводит к формированию специфических эпигенетических коллекторов, в частности, в зонах активного окварцевания пород.

3. Выявление зон трещиноватости позволило выделить в живетском ярусе трещинно-поровый тип коллектора, что необходимо учитывать при разработке этих отложений.

4. Характерной особенностью нефтеносных горизонтов живетского яруса (пласты D_{III} и D_{IV}) является низкое удельное электрическое сопротивление (УЭС) их нефтенасыщенных интервалов, определяемое методами ГИС. Высокое содержание пирита, лейкоксена в парагенезисе с захороненной органикой уменьшают удельное электрическое сопротивление нефтенасыщенных пород, вследствие чего происходят пропуски этих пластов, интерпретируемых по данным ГИС как водонасыщенные.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Автором изучено более 2000 погонных метров керна из 184 скважин, пробуренных с выносом керна из живетских отложений, исследовано более 1000 шлифов по живетским и пашийско-кыновским отложениям, изучен гранулометрический состав пород по 624 образцам, коллекторские свойства по 1895 образцам, изучен минералогический состав тонкодисперсной фракции методами рентгеновской дифракции по 84 образцам, структура порового пространства исследована на 64 сколах на растровом электронном микроскопе, естественная радиоактивность пород исследована по 19 образцам на приборе «Спектроскан»,

проведен пирролиз¹⁴ образцов пород на приборе ROCK-EVAL. Кроме того, автором проведён анализ и обобщение результатов определений коллекторских свойств пород по керну, отобранному при бурении скважин в 1960-1970 г.г.

По 294 скважинам, из которых 184 с исследованным керном, Ромашкинского месторождения и Сулинской площади изучены материалы ГИС. В работе использованы результаты сейсморазведочных работ МОГТ и НВСП, структурные построения и нефтепромысловые данные.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения и выводы, изложенные в диссертационной работе, нашли отражение в соответствующих научно-исследовательских отчетах института ТатНИПИнефть. Основные положения и выводы докладывались на научных конференциях: посвященной 50-летию АО «Татнефть» (НГДУ «Джалильнефть», 2000), Всероссийской конференции «Природные резервуары углеводородов, их деформации в процессе разработки нефтяных месторождений» (Казань, 2000). Результаты работ неоднократно докладывались на итоговых конференциях Казанского университета. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ.

МЕСТО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ. Кафедра полезных ископаемых Казанского государственного университета и лаборатория петрофизических исследований ТатНИПИнефть (г. Бугульма).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 188 страниц машинописного текста, в том числе 41 рисунков, 11 таблиц. Список литературы включает 154 наименования.

БЛАГОДАРНОСТИ. Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю работы кандидату геолого-минералогических наук Изотову В.Г.

Автор благодарит Ларочкину И.А., Ситдикову Л.М., Данилову Т.Е., Козину Е.А., Юдинцева Е.А., Дияшева Р.Н., Губайдуллина А.А., Розенберга И.Б., Ибрагимову Р.Л., Калмыкова Г.А., Кормильцева Ю.В., Зинатуллина М.Х. за консультации и постоянное внимание к работе. Автор благодарен Исмагилову

О.З. начальнику геологической службы НГДУ «Бавлынефть», за любезно предоставленные промыслово-геофизические материалы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

1. История геологического исследования и основные проблемы геологии живецких отложений. Началом планомерного изучения живецких отложений и перспектив их нефтеносности следует считать 1939-1940г.г., когда девонские отложения были вскрыты в Туймазинском районе и других регионах (Ардатовская скважина № 1). В разрезе этой скважины В.А. Балаевым, Е.А. Гравлиным и др. были выделены живецкие отложения, включая пашийскую свиту. С 1944 г. живецкие отложения изучаются сотрудниками ВНИГРИ (В.Н. Тихий и др.) В 1945 г. А.А. Трофимуком приведен обобщающий разрез девона региона, включая живецкие отложения с выделением трех крупных ритмов. В конце 40-х годов к изучению живецких отложений подключились М.Ф. Микрюков и К.Р. Тимергазин (1948), в том же году появились публикации В.П. Флоренского. Изучение живецких отложений Татарстана началось в ЦНИЛе треста Татнефтегазразведка в 1948 г. (В.И. Троепольский, С.С. Эллерн, М.Л. Килигина). Большая работа по изучению литологии в 50-х годах велась под руководством И.А. Антропова, Г.П. Батановой, Л.М. Миропольского, Г.Л. Миропольской, Е.Т. Герасимовой, Л.Ф. Солонцова.

С открытием Ромашкинского месторождения объем литологических исследований ограничивался в основном пашийской свитой на территории данного разбуриваемого месторождения.

Верхняя граница живецкого яруса проводилась по кровле пачки аргиллитов, залегающих на «среднем известняке» (геофизический репер). В толще живецких отложений выделялись нижнеживецкие слои, включающие часто эйфельские отложения и верхнеживецкие слои.

Батановой Г.П. по дополнительным находкам (фауна верхнеживецкого яруса и состав пыльцы, близкий к формам из пород этой части разреза свиты) была повышена граница между средним и верхним девоном от кровли аргилли-

тов над «средним известняком» до кровли аргиллито-глинистой пачки между промышленными пластами Д₁ и Д_{II}.

Миропольская Г.Л. в живетских отложениях выделила три ритма осадконакопления. Были определены фации, характерные для этих отложений. Среди них фации прибрежья, кос, отмелей, подводных возвышенностей и депрессий.

В институте ТатНИПИнефть исследователями - литологами по ограниченному материалу живетского яруса Ромашкинского месторождения рассматривались основные факторы, определяющие коллекторские свойства терригенных пород: гранулометрический состав, особенности укладки, характер цементации. Однако, многие вопросы формирования коллекторов оставались недостаточно изученными.

2. Методика выполнения работы. Основным методом, которым пользовался автор в своей работе, литолого-минералогический, поскольку емкостные и фильтрационные свойства пород зависят в первую очередь от структурно-текстурных особенностей пород, определяемых их литологической компоновкой.

Исследования предусматривали макро- и микроскопическое изучение пород. Особое внимание уделялось уточнению состава пород, размерности и формы обломочных зерен, структуры порового пространства, соотношению матрицы и цементной массы, а так же особенностям локализации и составу цементной массы. Особое внимание уделялось гранулометрии пород, определяемой ситовым, гидравлическим и микроскопическим методами.

Порошковая рентгеновская дифрактометрия. Ведущую роль в определении коллекторских свойств терригенных пород играет их тонкодисперсная составляющая, включающая глинистые минералы, тонкодисперсный кварц, карбонатное вещество. Определения тонкодисперсной составляющей проводилось рентгено-дифрактометрическим методом, в основном на ориентированных препаратах. Исследования проводились в КГУ в лаборатории кафедры полезных ископаемых. Изучалась в основном тонкодисперсная составляющая пород-коллекторов. Рентгеновские дифрактограммы ориентированных образцов изу-

чались на дифрактометре ДРОН-3М. В зависимости от состава глинистой фракции снимались три или четыре дифрактограммы для каждого образца.

Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Метод РЭМ использовался для изучения особенностей локализации агрегатов глинистых и аутигенных минералов, структуры породы на сколах, декорированных золотом.

Гамма-спектроскопия. В связи с широким использованием в практике методов РК, проводились гамма-спектрометрические исследования. Определялось содержание радиоактивных элементов U (уран), Th (торий), K (калий) в образцах пород из воробьевских и ардатовских отложений. Определение элементов выполнялось в лаборатории ВНИИГеосистем под руководством Миллера В.В.

Определение фильтрационно-емкостных свойств (пористость, проницаемость, объемная плотность, связанная вода, УЭС, карбонатность) проводилось в секторе определения коллекторских свойств ТатНИПИнефть под руководством Е.А. Юдинцева с использованием стандартных методов.

Скважинные геофизические исследования. С целью сопоставления и увязки литологических исследований с комплексом ГИС проводился анализ данных ГИС по площади региона, что позволило существенно уточнить фациально-литологические построения и уточнить сопоставление разрезов живетских отложений.

3. Основные черты геологического строения живетского яруса среднего девона юго-востока Татарстана. Живетские отложения в пределах Восточного Татарстана залегают трансгрессивно в зависимости от геодинамического режима на верхнепротерозойских, частично эйфельских отложениях, либо непосредственно на кристаллическом фундаменте. Живетский ярус объединяет воробьевский, ардатовский и муллинский горизонты, соответствующие трем крупным ритмам седиментации: три песчаные пачки выше сменяются более тонкозернистыми и карбонатными осадками. Отложения воробьевского горизонта распространены в пределах вершины Южно-Татарского свода (ЮТС), его западного, юго-восточного и южного склонов. Ардатовские и муллинские отложения развиты повсеместно на исследуемой территории.

Региональные исследования позволили проследить особенности состава этих толщ от скважины к скважине на больших участках территории, сопоставить разновозрастные отложения, образовавшиеся в разных условиях седиментации.

В составе крупных ритмов первого порядка в живецких отложениях выделяются и более мелкие ритмы. В воробьевском горизонте выделяются два ритма, соответствующие продуктивным песчаным пластам Д_{IV}-а Д_{IV}-б, перекрывающиеся репером “фонарик”, локально развитым на юго-востоке ЮТС. В ардатовском горизонте выделяются три мелких ритма, несущих три песчаных прослоя Д_{III}-а Д_{III}-б Д_{III}-в, из которых последний встречен в основном на юго-восточном и юго-западном склоне ЮТС, на остальной части сохраняются два пласта, перекрывающиеся репером «средний известняк», имеющем региональное распространение. Каждый ритм начинается с отложения базальной пачки, о чем свидетельствуют следы размыва. В кровельной части воробьевского горизонта встречаются алевроито-глинистые породы, чередующиеся с сидерито-шамозитовыми породами зеленовато-бурой окраски. К выдержанным прослоям оолитовых шамозито-сидеритовых образований приурочена активная пиритизация, скопления обуглившихся растительных остатков и гелевидное органическое вещество. На крайнем юго-востоке, в этой же пачке, прослеживается прослой известняка, толщина которого достигает 2 м. Толщина аргиллитовой пачки воробьевского горизонта в большинстве разрезов составляет 3-6 м, реже достигая 10-12 м. Максимальная толщина ее отмечается также на юго-западе Ромашкинского месторождения, на Сулинской площади, а минимальная - на северо-востоке Ромашкинского месторождения. В некоторых скважинах Сулинской площади толщина этой пачки уменьшается до 1 м (скв. 179, 507, 7286), а на Бавлинском месторождении (скв. 415) песчаные пласты ардатовских отложений сливаются с песчаными пластами воробьевского горизонта. Поверхность осадконакопления была подвержена небольшому размыву, о чем свидетельствуют встреченные в керне намывы глинисто-галечных скоплений. Последующее отложение ардатовских осадков на таких участках (скв. 507 и 179 Сулинской пл.)

создает довольно сложную картину. Отсутствие на большей части исследуемой территории репера «фонарик» затрудняет расчленение воробьевских и ардатовских отложений. По этой причине иногда нижний ардатовский пласт Д_{III}-в относят к верхней части воробьевских слоев, особенно на участках слияния пластов Д_{III}-в и Д_{IV}-а.

Проведенные сопоставления разрезов скважин Ромашкинского, Бавлинского и Матросовского месторождений, составленных с использованием литологической характеристики керна, наглядно демонстрируют изменчивый характер отложений живетского яруса на рассматриваемой территории с выпадением отдельных частей ритмов. На участках, где наблюдается слияние пластов Д_{III} и Д_{IV}, корреляция проводилась по аналогии с соседними скважинами (7234, 7252), где присутствует репер «фонарик», с учетом литологических особенностей этих пород.

Приведенная литолого-стратиграфическая характеристика живетских отложений на территории Татарстана является отражением сложных гидродинамических условий их формирования, являющихся следствием контрастного геодинамического режима развития Татарского свода и его обрамления.

Промышленная нефтеносность установлена на Ромашкинском, Бавлинском, Урус-Тамакском, Алексеевском, Тат-Кандызском, Матросовском месторождениях и связана с промышленными пластами Д_{IV}-а, Д_{IV}-б, Д_{III}-а, Д_{III}-б, Д_{III}-в. Размеры залежей небольшие, тип залежей структурно-литологический и структурно-тектонический.

В тектоническом плане продуктивные отложения живетского яруса приурочены к центральной части ЮТС, к юго-восточному склону ЮТС и к зоне сочленения юго-восточного склона ЮТС и северного борта Сергиевско-Абдуллинского авлакогена. Ларочкиной И.А. (1998) в терригенных отложениях девона были выделены древние грабенообразные прогибы. Эти прогибы имеют северо-западное и северо-восточное направление. Как свидетельствуют проведенные автором литологические исследования и выявленная ритмичность в строении живетских отложений, формирование девонских прогибов происхо-

дило в геодинамической обстановке горизонтального растяжения земной коры. Опускания имели импульсный характер, что свидетельствует о последовательном развитии прогибов в эйфельско-ардатовское, муллинско-пашийское и кыновско-саргаевское время. К бортовым частям этих прогибов и приурочены локальные поднятия, с которыми связаны промышленные скопления нефти. Существенную роль в формировании девонских грабенообразных прогибов играла разломная тектоника фундамента. Одним из прямых признаков, свидетельствующих о проникновении разрывных нарушений фундамента в осадочную толщу, являются тектонические нарушения, выявленные автором на керновом материале из скважин, пробуренных на юго-восточном склоне ЮТС.

В ходе детального изучения кернового материала установлены явные нарушения тектонического характера, которые могут служить подтверждением тому, что древние грабенообразные прогибы, образованные в девонское время, имеют дизъюнктивную природу.

Приведенная литолого-стратиграфическая характеристика и особенности распространения живецких отложений подтверждает первое защищаемое положение о том что формирование и дальнейшая эволюция живецких отложений осуществлялась в активных геодинамических условиях, унаследованных от рифей-вендского времени, в ходе которого произошла локализация основных структур Татарского свода.

4. Литолого-минералогическая характеристика пород живецкого яруса. Следующее защищаемое положение аргументируется широким комплексом исследований, позволивших установить седиментационную ритмичность различного порядка и разнообразие лито-фациальных условий осадконакопления отложений живецкого яруса. Изучение литолого-минералогических особенностей терригенных продуктивных горизонтов подразумевает комплексную интерпретацию исходных данных, полученных на основании лабораторных исследований керна. Учитывая практически мономинеральный состав продуктивных горизонтов, в основу выделения литотипов положен гранулометрический анализ и структура компоновки матрицы породы.

С целью выявления изменений гранулометрического состава пород отдельных литологических ритмов строились гистограммы распределения размерных фракций и литологические треугольники для воробьевских и ардатовских горизонтов и их подгоризонтов. Это дало возможность обосновать выделения основных литотипов пород живетского яруса Татарстанского региона и проследить чередование седиментационных ритмов.

По соотношению песчаных, алевритовых и глинистых частиц в сложении толщи живетского яруса выделяются пять основных литологических типов пород: разнозернистые песчаники, мелкозернистые песчаники в разной степени алевритистые, алевролиты крупнозернистые песчаные, алевролиты разнозернистые, глинистые и аргиллиты.

Роль этих групп пород в сложении резервуаров УВ различна. В сложении продуктивных частей ритмов принимают участие, в основном, первые три группы пород, две другие группы пород формируют флюидопоры.

Песчаники разно- и среднезернистые. Песчаники характеризуются преобладанием зерен размером 0,14–0,25 мм, средней степенью окатанности и сортировки обломочного материала, низким содержанием мелкоалевритовой и пелитовой фракций. Большинство пор образовано 4-5 зернами. Пористость изменяется в пределах 13,7–23,2%, в среднем составляя 19,8%. Каналы, соединяющие поры, при рыхлой укладке зерен короткие и широкие, больше 0,45 мм, что обеспечивает высокую проницаемость. В целом проницаемость изменяется в очень широких пределах - от $98,4 \cdot 10^{-3}$ до $3976 \cdot 10^{-3}$ мкм², в среднем составляя $902,5 \cdot 10^{-3}$ мкм². Таким образом, основной характерной особенностью разно- и среднезернистых песчаников является их относительно высокая проницаемость при небольшой пористости.

Песчаники мелкозернистые, в разной степени алевритовые имеют наиболее широкое развитие во всех пластах-коллекторах. В воробьевском горизонте Ромашкинского месторождения они встречаются реже. Для мелкозернистых песчаников характерна размерность зерен - от 0,08 до 0,2 мм. Зерна кварца полукатанные и угловатые. Сортировка обломочного материала ухудшается, в

основном за счет увеличения содержания алевроитовых фракций. Фильтрационно-емкостные свойства связаны с рыхлой укладкой зерен. Пористость их колеблется в пределах от 15 до 22,7%, в среднем составляя 18,6%. Проницаемость изменяется в пределах от $41,6 \cdot 10^{-3}$ до $702,0 \cdot 10^{-3}$ мкм², в среднем составляя $365 \cdot 10^{-3}$ мкм². Развитие вторичного кварцевого цемента и характер укладки определяют механическую плотность породы.

Алевролиты крупнозернистые, в той или иной мере песчаные, состоят из угловатых, удлиненных и клиновидных зерен, довольно хорошо отсортированными, размером 0,05–0,14 мм. Преобладающий размер пор 0,05–0,07 мм, но встречаются и более крупные. Содержание пелитовой фракции не превышает 3%. Для них характерна микро неоднородность структуры, связанная с включениями глинисто-углистого материала в виде тонких прослоев и линз. В целом пористость алевролитов крупнозернистых изменяется в пределах 13,7–19,8% в среднем составляя 16,6%. Проницаемость изменяется в пределах от $11,3 \cdot 10^{-3}$ – $455,2 \cdot 10^{-3}$ мкм², в среднем равна $198,2 \cdot 10^{-3}$ мкм². Алевролиты, в отличие от песчаников, с глубиной меньше подвержены процессам уплотнения.

Разнозернистые алевролиты существенно отличаются от вышеописанных большим содержанием мелкоалевритовой, а в ряде случаев и пелитовой фракции, а так же более низкими коллекторскими свойствами. Преобладает крупноалевритовый материал, составляющий 41–47%. Пелитовая фракция - 5,84%. Зерна угловатые, совершенно не окатанные, укладка плотная. Неоднородность породы подчеркивается глинистыми прослойками или гнездами, нередко переполненными мелкоалевритовым материалом. В этих породах часто развит гранулярный сидерит, стяжения пирита, углистые включения, кутикулы. Процессы окварцевания развиты также неравномерно.

Пористость разнозернистых алевролитов изменяется в пределах 8,9–15,4%, в среднем составляя 11%. Проницаемость изменяется в пределах от $0,11 \cdot 10^{-3}$ до $27,9 \cdot 10^{-3}$ мкм², в среднем составляя $3,16 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Мелкозернистые и разнозернистые глинистые алевролиты обычно неравномерно окварцованы и уплотнены. Сортировка обломочного материала раз-

лична. Укладка зерен плотная, участками средней плотности. Довольно часто встречаются изолированные, рассеянные равномерно зерна размером 0,05-0,07 мм, и редко 0,11 мм. Все зерна угловатые, иногда клиновидные, реже - со сглаженными углами. Пористость изменяется в пределах 2,6-9,3%, в среднем составляя 7,8%. Проницаемость колеблется в пределах от $0,02 \cdot 10^{-3}$ до $0,94 \cdot 10^{-3}$ мкм², в среднем составляя $0,22 \cdot 10^{-3}$ мкм². Нефтенасыщение отсутствует.

При сопоставлении по вертикали заметно уменьшение процента встречаемости разномерных песчаников от воробьевского к муллинскому горизонту. Вверх по разрезу уменьшается содержание разномерных песчаников и увеличивается содержание переходных разностей песчаных и алевроитовых, что свидетельствует о стабилизации гидродинамического режима живетского палеобассейна. При сравнении по тектоноэлементам, размерность зерен на Ромашкинском месторождении (центральная часть ЮТС) несколько выше, чем на юго-восточном склоне. Это связано, во-первых, с близостью источника сноса, во-вторых - с размывом залегающих ниже пород. На Ромашкинском месторождении это кристаллические породы фундамента, коры его выветривания и частично эйфельские отложения небольшой толщины. На юго-восточном склоне ЮТС на Бавлинском выступе живетские отложения перекрывают осадочные породы вендского комплекса.

Характерной особенностью всех обломочных пород является их мономинеральный кварцевый состав. Как правило, различные типы песчаных и алевроитовых пород, также как и примеси песчано-алевритовых обломков, сопровождаются комплексом устойчивых малораспространенных и аксессуарных минералов.

Полевые шпаты. Они не характерны для всей толщи в целом и наибольшее распространение имеют в базальных частях ритмов, где содержание их местами достигает 20-25%, в большинстве случаев не превышая 5-6%.

Циркон. Является часто характерным минералом для всех горизонтов живетского яруса. Распространен обычно в виде отдельных зерен. Однако, иногда возникают прослои с его повышенным содержанием. В отдельных случаях

циркононосные песчаники можно рассматривать как древние россыпи с содержанием циркона 15-20%. Такие песчаники так же слагают основания крупных ритмов.

Турмалин, как и циркон, встречается часто, в виде таблитчатых призматических или совсем неокатанных зерен.

Гранат является характерным акцессорным минералом для песчаников всей толщи. При этом характерно сходство тиломорфных особенностей граната, циркона, турмалина из базальных песчаников и гранито-гнейсов фундамента. Пироксены и роговая обманка связаны с гранулитами, эндербитами и амфиболитами, широко развитыми в породах фундамента.

Пироксены отмечаются в воробьевских отложениях в виде единичных зерен на Алькеевской площади. Роговая обманка встречается в виде удлинённых призматических зерен с зазубренными концами. Лейкоксен образуется за счет обломочных зерен ильменита. Преобладают выделения лейкоксена с кристаллографической огранкой.

Мусковит и биотит встречаются повсеместно по всему разрезу в небольшом количестве, в виде бесцветных неправильной формы деформированных пластинок, в основном в верхних частях ритмов.

Циркон, турмалин, гранат несут целый комплекс радиоактивных элементов, что может повышать естественную радиоактивность породы. Это требует осторожного подхода при интерпретации данных гамма-каротажа по живетским отложениям.

Состав обломочных минералов свидетельствует о том, что в начальные периоды трансгрессии основным источником питания были породы кристаллического фундамента, обнажившиеся на приподнятых участках Татарского свода. Затем возросла роль ранее сформированных вендских отложений, подстилающих живетские отложения на склонах ЮТС.

5. Условия формирования пород живетского яруса. Анализ установленных литотипов и их соотношение позволяет сделать выводы об условиях формирования живетских отложений. Живетский бассейн на территории ЮТС

характеризовался широким развитием прибрежно-морских фаций. Наличие в воровьевском горизонте разнородных песчаников с примесью гравия и гравелита свидетельствует, что поступление обломочного материала происходило за счет абразии берегов разрушающей деятельностью волн и денудации суши поверхностными водами. Каолинистый цемент, наличие калиевых-полевых шпатов, гранатов, пироксенов свидетельствуют о размыве коры выветривания или непосредственно фундамента (Алькеевская, Сармановская, Ташлиярская площади и др.). По мере удаления береговой линии, в последующие периоды фации побережья сменяются фациями кос, отмелей, подводных возвышенностей, что вело к накоплению мелкозернистых песчаников.

Фации высокого уровня морского бассейна связаны с накоплением глинистых и известковистых осадков с морской фауной. Известковые осадки открытого моря образовывались на Сулинской площади (скв. 185, 7234, 7252), в южной части Алтунино-Шунаковского прогиба и в Казанско-Кировской впадине, где наиболее полно представлены разрезы осадков (от 15 до 39 м). В конце воровьевского времени, в результате регрессии моря, в заливах, лагунах в условиях малых глубин образовывались плохо отсортированные алевриты. Обилие органики и отсутствие волнений способствовало возникновению в осадках восстановительной среды. Образуются шамозит-сидеритовые стяжения и пирит.

В ардатовское время, в течение первой половины, на всей территории были развиты прибрежно-мелководные условия осадкообразования. С повышением уровня морского бассейна эти условия сменяются шельфовыми, что сопровождается формированием вначале песчаных образований пляжей и отмелей, сменяющихся затем фациями шельфа.

В муллинское время, вслед за регрессивной фазой ардатовского горизонта, наступает новый трансгрессивный цикл, который обусловил значительное поступление обломочного материала в бассейн. Наиболее широкое развитие имели прибрежно-мелководные фации, в условиях которых шло формирование песчаных тел. В период ее максимального развития фации шельфа мелкого моря сменяются фациями открытого шельфа. Нужно отметить, что карбонатные

осадки распространялись не на всю площадь шельфа. Они присутствуют лишь на юго-востоке, в других участках фации открытого моря представлены глинистыми осадками значительной толщины.

Как уже отмечалось, на территории Татарстана выделяется целая серия прогибов древнего заложения, приуроченных к тектонически активным зонам кристаллического фундамента, периодическое оживление подвижек которых в палеозойское время отражалось на характере распределения осадков тех или иных стратиграфических комплексов.

Под действием течений, направленных вдоль берега моря, обломочный материал распространялся в виде ряда параллельных полос, кос и отмелей по простиранию древних прогибов.

Все эти прослои во всех горизонтах имеют закономерную направленность с северо-запада на юго-восток. Литологическая изменчивость пластов в значительной мере определялась направленностью донных течений, особенно интенсивно развивавшихся в районах погребенных грабенообразных прогибов.

Прогибы, рассекавшие в северо-западном направлении моноκлиально погружавшуюся к юго-востоку поверхность морского дна, служили благоприятным местом для развития донных течений, где откладывались тонкоотмученные осадки. Фации депрессий и впадин располагаются между песчаниковыми наносами фаций подводных баров. Это подтверждается на Матросовском месторождении, где зона выклинивания в ардатовском горизонте имеет северо-западное направление. Именно образование фаций депрессий и впадин впоследствии сыграли роль экранов при формировании ловушек литологического типа.

Межпрогибовые террасы осложнены малоамплитудными локальными поднятиями, с которыми связана здесь значительная часть разведанных запасов нефти.

Вышеизложенный материал является обоснованием для первой части третьего защищаемого положения о роли седиментационных процессов в формировании фильтрационно емкостных свойств (ФЭС) пород-коллекторов жи-

ветских отложений. Однако на формирование ФЭС живецких отложений не меньшее влияние оказали и эпигенетические преобразования, ведущие к перестройке первичного седиментационного каркаса породы. Цементация пород - один из важных факторов, оказывающих влияние на поровую структуру коллектора. От минералогического состава, количества и типа цемента в значительной степени зависят и фильтрационно-емкостные характеристики.

Среди цементной массы в пластах терригенных отложений среднего девона наибольшую роль играет тонкодисперсный кварц, глинистые минералы, затем пирит и карбонаты.

После накопления живецких осадков на большей части исследуемой территории породы испытывали значительное погружение и подверглись воздействию больших геостатических нагрузок, сопровождавшихся миграцией поровых вод и активным развитием катагенетических процессов, связанных с уплотнением, интенсивным срастанием зерен и формированием кластеров, развитием регенерационного цемента, и в целом уменьшением эффективной емкости коллекторов.

Под влиянием геостатических нагрузок усиливается неоднородность в укладке зерен. Появляются «сростки» зерен или кластеры, то есть плотно уложенные, с длинными линейными контактами столбики и линзы зерен, нередко дугообразно изогнутые. Происходит перестройка текстуры осадка и появление таких форм, которые лучше сопротивляются горному давлению.

При этом у зерен нередко развиваются конформные и даже стилолитовые контакты вследствие частичного растворения зерен и превращения участков слоев песчаника в кварцитовидные кластеры, а в дальнейшем и кварцитовидные породы.

Уплотнение приводит к перераспределению пор-каналов, ограниченных кластерами зерен, которые являлись, видимо, основными путями движения флюидов в пласте. Наиболее интенсивное уплотнение происходит в алевроитовых породах, где оно сопровождается интенсивным окварцеванием.

Морфологические проявления процессов окварцевания очень разнообразны: регенерационные каемки зерен различного типа (соосные в кристаллографическом отношении и реже разноориентированные с основным зерном); микролокальные наросты вторичного кварца на зернах; выделения ксеноформных зерен вторичного кварца в поровом пространстве. Нередко встречаются своеобразные тонкие (0,015-0,2 мм) перемычки внутри каналов, соединяющих поры, кварцевые пробки. В ходе регенерации часто наблюдается образование кристаллографических граней кварца, что особенно заметно на РЭМ-снимках.

Толщина регенерационных каемок самая разнообразная и колеблется от 0,015 мм до 0,036 мм. Иногда эти каемки зональные. Наибольшее нарастание идет в направлении оптической оси зерен. Внутренний контур каймы четко очерчивается тончайшими пылевидными включениями пелитовых продуктов и, реже, мельчайшими включениями остаточной жидкости. Часто встречаются двойные и тройные каймы, отражающие стадийность процессов регенерации. Иногда почти все поры и каналы заполняются вторичным кварцем и участки породы приобретают сливной кварцитовидный облик. Формируются кварцитовидные кластеры. В этом случае ФЭС коллекторов определяются межкластерными каналами.

Новообразованные кварцевые оболочки развиваются вокруг большинства обломочных зерен кварца. Однако толщина их не одинакова и нарастают они на зерна не всегда со всех сторон. Они обычно отсутствуют там, где обломочные зерна интенсивно корродируются цементирующей массой.

В ардатовском горизонте как на Ромашкинском, так и на месторождениях крайнего юго-востока выявлена неоднородность пластов вследствие переслаивания тонких окварцованных прослоев непроницаемых пропластков с проницаемыми. Толщины этих непроницаемых прослоев не более полуметра.

Процесс регенерации кварцевых зерен происходил в диагенетическую и катагенетическую стадии эволюции пород. На стадии катагенеза процесс окварцевания связан с литостатическим давлением и локальным растворением обломочных зерен, либо с перекристаллизацией глинистого вещества цементной

массы. Установлена обратная связь количества глинистой составляющей в песчаниках живецких отложений и степени их катагенетического преобразования. Зачастую в породах- коллекторах отсутствуют глинистые минералы, являющиеся чутким критерием стадийности эпигенетических преобразований пород. В ходе катагенетических процессов в цементной массе песчаников происходит образование тонкодисперсного кварца и трансформные преобразования глинистых минералов.

Для живецких отложений автором выделены характерные парагенетические ассоциации глинистых минералов. При этом для ранней стадии эпигенеза характерны хлорит-смешанослойно-каолинитовая и гидрослюдисто-каолинитовая ассоциации. Для позднего эпигенеза характерны хлорит-каолинитовая и гидрослюдисто-каолинитовая ассоциации. Увеличение содержания хлорита происходит в более глубокозалегающих горизонтах. Смешанослойные минералы чаще распространены на юго-востоке ЮТС и их развитие связано с более слабым эпигенезом и, возможно, с переывом субстрата - вендских неметаморфизованных отложений. Во всех породах в тонкодисперсной составляющей наряду с глинистыми минералами присутствуют тонкодисперсный кварц, кальцит и полевые шпаты. Пирит встречается повсеместно во всех горизонтах и во всех породах (песчаных, алевритовых, глинистых и карбонатных). В большинстве случаев пирит является основным резко доминирующим компонентом тяжелой фракции. Пирит отмечается в виде крупных (до 0,1-0,2 мм) кристаллов кубической и октаэдрической формы или в виде сростков более мелких кристаллов. Сидерит, кальцит, доломит и кремнезем играют существенную роль в составе пород и обычно присутствуют в тонкодисперсной фракции.

Катагенетические процессы не ограничиваются перекристаллизацией пород и преобразованием их цемента. При систематическом изучении керна девонских отложений кыновско-пашийского, ардатовского, воробьевского горизонтов выявлена и трещиноватость. В частности в шестнадцати скважинах Сулинской площади наблюдаются разновозрастные трещины различной протя-

женности по разрезу. Такую трещиноватость можно рассматривать как следствие тектонической проработки консолидированного осадочного чехла. Трещины выделяются как субвертикальные открытые, и различной ориентировки (под углом 60° , системы трещин скольжения под углом 45° и 135°). Сколы пород ровные и с небольшими уступами, в продуктивных отложениях замазанные окисленной нефтью, с небольшими смещениями. Значительное развитие имеют зеркала скольжения и смятие слоев в аргиллитовых породах. Трещины открытые, с раскрытостью до 2 мм, либо залеченные глинистым, битуминозным и кальцитовым материалом. Макротрещиноватость сопровождается микротрещиноватостью в виде ветвистой системы трещин длиной от 2 до 5 см и раскрытостью от 0,001 до 0,015 мм. Микротрещины зачастую заполнены битуминозным или гелевидно-углистым веществом. Наибольшее развитие микротрещиноватость имеет в породах и их кластерах кварцитовидного облика, прошедших стадию глубинного катагенеза. Наличие микро и макротрещин в таких породах свидетельствует о появлении нового типа коллектора - трещинного и порово-трещинного.

Данные промысловых исследований существенно дополняют обоснование трещинно-порового типа коллектора. Если для коллекторов порового типа (Ромашкинское месторождение), дебиты в среднем не превышают 20 т/сут., то на Матросовском месторождении, интенсивно затронутом катагенезом и прошедшем тектоническую проработку, максимальные дебиты достигают 495 м³/сут. Скважины с такими дебитами приурочены к зонам интенсивной трещиноватости, сопровождающей тектонические разрывные нарушения.

Одной из особенностей живецких отложений юго-восточного склона ЮТС являются битумопроявления. Битуминозные песчаники встречаются в скважинах, в керне которых встречены трещины. Осаждение асфальтеновых фракций связано со сложными процессами перераспределения УВ в коллекторе.

Полученные данные свидетельствуют, что погружение пород в зону катагенеза оказывает разнонаправленные воздействия на их коллекторские свойства.

ва. При общем снижении пористости пород, вследствие уплотнения и разрастания вторичного кварца, появляются трещиноватые зоны разуплотнения, которые улучшают проницаемость пласта. Образование трещин связано с различными тектоническими движениями в земной коре и с процессами зонального катагенеза, вследствие неравномерного уплотнения, приводящего к деформациям в пласте.

Детальное изучение постседиментационных процессов в живетских отложениях юго-востока Татарстана позволило автору выделить стадию начального и позднего глубинного эпигенеза, существенно перестраивающего каркас породы. Проведенные исследования свидетельствуют, что в целом коллекторские свойства живетских отложений определяются суперпозицией пустотного пространства породы, сопровождающего седиментационные и эпигенетические процессы.

ВЫВОДЫ

1. Живетские отложения по литолого-фациальным особенностям имеют сходство с эйфельскими и пашийскими отложениями. В тоже время, в них наблюдаются специфические разности пород, характерные только для этих отложений. Так, в кровле воробьевского горизонта залегает алевроито-глинистая зеленовато-буроокрашенная пачка с прослоями сидерито-шамозитовых скоплений и включениями пирита и гравелитовой гальки. Эта пачка прослеживается как на Ромашкинском, так и на месторождениях юго-восточного склона ЮТС и является репером для разделения воробьевско-ардатовских пластов.

2. В живетских отложениях, в отличие от пашийско-кыновских, отчетливо проявились стадии эпигенетических преобразований, что вызвало своеобразие ФЕС и появление специфических типов коллекторов. Интенсивная микро- и макротрещиноватость пород живетского яруса на крайнем юго-востоке ЮТС, резкие изменения ФЕС первичных гранулярных коллекторов, а также блоковое строение продуктивных горизонтов связаны с проявлениями геодинамической эволюции региона. С этими зонами связано развитие порово-трещинных коллекторов.

3. Изложенное является основанием для разработки специфических подходов к оценке перспектив нефтегазоносности живецких отложений и требует адекватных методик поисков ловушек углеводородов с учётом степени катагенетической переработки пород.

4. В сложении терригенных пород среднего девона принимают участие пять выделенных типов пород, различающихся размерностью зерен кварца: Для воробьевского горизонта характерно распространение разномерных песчанников, для ардатовских - мелкозернистых песчанников и алевролитов крупнозернистых. Сортировка осадков также улучшается снизу вверх. От свода к юго-западному и юго-восточному склонам ЮТС зернистость осадков уменьшается, сортировка улучшается, что объясняется удаленностью от источника сноса.

5. Состав обломочных минералов живецкого яруса свидетельствует о перемыве и переотложении пород фундамента и более молодых осадков. Наиболее распространенным аксессуарным минералом является циркон, который зачастую формирует погребённые россыпи. Циркон несёт целый комплекс радиоактивных элементов и такой высокий процент его встречаемости может повышать естественную радиоактивность породы. Это требует осторожного подхода при интерпретации данных гамма-каротажа по живецким отложениям.

6. Коллекторские свойства пород в воробьевском горизонте значительно выше, чем в ардатовском горизонте. Это связано с преобладанием в первом разномерных песчанников. Породы ардатовского горизонта наиболее подвержены процессам уплотнения и окварцевания.

Низкое содержание глинистых минералов, уплотнение и аутигенное образование кварца, полувогнутые контакты и процессы растворения подтверждают тот факт, что в породах живецкого яруса проявлены различные стадии катагенеза.

7. Проведённые исследования свидетельствуют о том, что живецкие отложения являются надежным потенциальным объектом для промышленного освоения. Несмотря на отсутствие единых выдержанных горизонтов, характер-

ных для франских отложений Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна, они характеризуются развитыми зонами потенциальных коллекторов углеводородов, контролирующимися не только структурным планом, но и седиментационно-литологическими и эпигенетическими факторами.

Основные результаты опубликованы в работах:

1. К вопросу о расчленении и синхронизации пластов в отложениях живетского яруса (соавторы Ларочкина И.А., Лукьянова Р.Г., Сухова В.А.)// Труды ТатНИПИнефть «Геология, разработка и эксплуатации нефтяных месторождений Татарстана». Бугульма, 1996, с. 3-6.

2. Применение спектрометрического гамма-каротажа для расчета макросечения поглощения тепловых нейтронов в девонских отложениях южной части Татарского купола (соавторы Кадисов. Е.И. Калмыков Г.А., Кашина Н.Л., Миллер В.В., Лазуткина Н.Е.)// Геология нефти и газа, вып.5, 1996, с. 24-28.

3. О характере заводнения неоднородных глиносодержащих пластов-коллекторов D_0 и D_1 Ромашкинского месторождения (соавтор Зиннатуллин М.Х.)// Труды ТатНИПИнефть «Геология, разработка и эксплуатации нефтяных месторождений Татарстана». Бугульма, 2000, с. 26-30.

4. Об особенностях литолого-петрографической характеристики отложений живетского горизонта юго-востока Татарстана (соавторы Губайдуллин А.А., Кормильцев Ю.В.)// Труды ТатНИПИнефть «Геология, разработка и эксплуатации нефтяных месторождений Татарстана». Бугульма, 2000, с. 63-67.

5. Фильтрационно-ёмкостные характеристики и особенности заводнения малопродуктивных коллекторов пашийских отложений девона Ромашкинского месторождения (соавторы Дияшев Р.Н., Зинатуллин М.Х.)// Геология, геофизика и разработка, вып.9, 1998, с. 15-21.

6. Литолого-петрографические особенности живетских отложений на крайнем юго-востоке Татарстана.// Доклад юбилейной конференции «Нефтегазовая геология на рубеже веков», т.2, Стратиграфия, общая геология, региональный прогноз. Санкт-Петербург, 1999, с. 299.

7. Роль катагенетических процессов при формировании залежей нефти в живецких отложениях Татарстана (соавторы Саттаров Р.З., Исмагилов О.З.)// Тезисы доклада на всероссийской научной конференции «Природные резервуары углеводородов и их деформации в процессе разработки нефтяных месторождений». Изд. КГУ. Казань, 2000, с. 71.

8. Соотношение структурных планов осадочного чехла и особенности размещения поисково-разведочных работ в пределах Сулинской группы месторождений Татарстана (соавтор Савельев В.А.)// Тезисы XXI- научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ТатНИПИнефть. Бугульма. 1990, с. 3.

9. Роль тектонического фактора в размещении нефтяных залежей на юго-востоке Южно-Татарского свода (соавтор Исмагилов О.З.)// Тезисы научной конференции посвященной 50-ти летию АО «Татнефть» НГДУ «Джалиль-нефть» 2000 г. (в печати).

10. Литолого-петрографическая характеристика низкопористых коллекторов терригенного девона на примере пашийских отложений Абдрахмановской площади.// Статья в сборнике научной конференции «Актуальные вопросы геолого-гидродинамического моделирования и переоценки нефтяных ресурсов пашийских и муллинских отложений Ромашкинского месторождения». 2001г. (в печати).

Откопировано на ризографе в типографии
проектной части института ТатНИПИнефть.
Заказ № 35. Тираж 100. Бумага офсетная.
г. Бугульма

